

# PEMANFAATAN CITRA SPOT 4 UNTUK ANALISIS POLA SEBARAN MUATAN PADATAN TERSUSPENSI DI MUARA SUNGAI JUWANA, PATI

Rika Tantiyana  
tantiana\_rika@yahoo.com

Nurul Khakhim  
nurulkhakhim7@gmail.com

## Abstract

*River mouth is a area where accumulation sediment. Suspended solids (Total Suspended Solid/TSS) is an early-forming material sediment. SPOT4 have a band that is used for the analysis of water and have spectral reflection characteristics of the material depends on the water. This study to determine the ability of the band on SPOT4 image-sensitive TSS in estuaries Juwana, determine the appropriate equation of Budhiman and JingLi. Distribution pattern used in estimating the TSS in estuaries Juwana using empirical formulas through regression analysis. This Research applying linear equations that have been established by previous researchers that the equation of JingLi(2008) and Budiman(2004). Both equation t-test performed to determine the equation approach TSS insitu. Equation built by Budiman and Jing Li less according implemented in estuaries Juwana, after tests showed variance T test data obtained different models. test model obtained red band and inframerahdekat most good, with high-value determination 0,6. TSS clustered around the mouth of the river, along the coast.*

**Keywords:** SPOT 4, TSS, estuary, T test, Regression

## Abstrak

Daerah muara sungai merupakan daerah produktif tempat mengumpulnya akumulasi sedimen. Muatan padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*) merupakan material awal pembentuk sedimen. SPOT4 mempunyai band yang digunakan untuk analisis perairan. Setiap perairan memiliki karakteristik terhadap pantulan spektral tergantung material yang terkandung. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan band pada citra SPOT 4 yang peka terhadap TSS di muara sungai Juwana, mengetahui persamaan yang sesuai dari Budhiman dan Jing Li, mengetahui pola sebaran TSS. Metode yang digunakan dalam mengestimasi TSS di muara sungai Juwana menggunakan rumus empiris melalui analisis regresi linier sederhana. Penelitian ini menerapkan persamaan yang sudah dibangun oleh peneliti sebelumnya yaitu persamaan dari Jing Li(2008) dan Budhiman(2004). Kedua persamaan dilakukan uji *t-test* untuk mengetahui persamaan mendekati TSS lapangan. Persamaan yang dibangun oleh Budhiman dan Jing Li kurang sesuai diterapkan di muara sungai Juwana, setelah uji *T test* didapatkan hasil variansi data yang berbeda. Uji model didapatkan band merah dan inframerahdekat yang paling baik, dengan nilai determinasi 0,6. TSS tinggi mengelompok disekitar mulut sungai, sepanjang pantai.

**Kata Kunci :** SPOT 4, Muara Sungai, T test, Regresi

## PENDAHULUAN

Kecamatan Juwana merupakan kecamatan yang berada di hilir dari sungai Juwana, yang merupakan sungai terbesar di Kabupaten Pati. Kecamatan Juwana merupakan salah satu wilayah yang sering terjadi banjir jika musim penghujan tiba, akibat dari meluapnya sungai Juwana. Salah satu dari penyebab banjir di Kabupaten Juwana adalah sedimentasi yang terus berkembang dari waktu ke waktu. Muara sungai Juwana semakin hari semakin mendangkal dan menyempit akibat dari sedimentasi tersebut.

Wilayah pesisir dan muara sungai merupakan wilayah peralihan antara bentuk lahan fluvial ke bentuk lahan marin. Daerah muara sungai merupakan daerah yang sangat produktif, karena penambahan bahan-bahan organik yang berasal dari darat melalui aliran sungai dan perairan sekitarnya secara terus menerus. Percampuran kedua masa air yang terjadi di muara sungai dapat menyebabkan perubahan kondisi fisik oseanografi di lokasi tersebut. Air sungai juga dapat membawa angkutan sedimen yang akan terakumulasi di muara. Sedimen yang terakumulasi tersebut akan menyebabkan pendangkalan di daerah muara.

Berbagai pendekatan dan algoritma telah dikembangkan untuk pemetaan atau estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi menggunakan penginderaan jauh optical. Teknik tersebut dapat dikategorikan ke dalam 4 kelompok pendekatan : (1) regresi sederhana (korelasi antara band tunggal dengan data in-situ), (2) teknik spektral unmixing, (3) teknik band ratio menggunakan dua atau lebih band dan, (4) regresi berganda (menggunakan berbagai band dan pengukuran in-situ). (Hossain, et, al, 2003)

Penelitian tentang estimasi sedimentasi tersuspensi menggunakan citra SPOT di perairan tropis sudah dikembangkan sebelumnya. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Pasterkamp dan Woerd di Selat Madura, melalui pendekatan bio optical model. Hasilnya adalah band merah pada citra SPOT mempunyai korelasi kuat dengan nilai TSM, yaitu ditunjukkan dengan grafik antara nilai reflectan perairan dengan nilai TSM yang semakin naik. Hal ini dipengaruhi

oleh penyerapan bahan organik terlarut dan penyerapan pigmen phytoplankton lebih rendah di band merah. Penelitian ini juga hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Wiwin Ambarwulan dan Hobma di Teluk Banten, dimana hasilnya menunjukkan bahwa SPOT HRV pada band 2 mempunyai relasi yang baik terhadap nilai TSM di lapangan.

Beberapa peneliti juga telah mengembangkan persamaan untuk mengestimasi muatan sedimen tersuspensi di perairan. Seperti persamaan yang telah dibangun oleh Budhiman dan Jing Li. Syarif Budhiman mengembangkan persamaan untuk mengestimasi muatan sedimen tersuspensi di perairan Delta Mahakam dengan metode optical model, yaitu membandingkan TSS dilapangan dengan nilai irradiance melalui pengukuran inherent optical properties atau properti dari reflektansi cahaya yang dikenakan kepada contoh air yang diambil di lapangan (Pahlevi, 2010). Jing Li mengembangkan persamaan untuk mengestimasi muatan sedimen tersuspensi dengan melakukan penelitian di Estuari Changjiang di China.

Persamaan yang telah dibangun oleh peneliti sebelumnya belum tentu cocok jika diterapkan pada lokasi yang berbeda. Perbedaan ini dapat diakibatkan oleh karakteristik perairan maupun material yang terkandung dalam perairan. Citra SPOT 4 mempunyai 4 band, yaitu band hijau, merah, inframerah dekat (NIR) dan inframerah tengah (SWIR). Dari keempat band tersebut akan dibuat model, band mana yang paling sesuai untuk mengestimasi muatan sedimen tersuspensi di muara sungai Juwana.

Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) mengetahui kemampuan band tunggal dan rasio band pada citra SPOT 4 yang peka terhadap muatan sedimen suspensi di muara sungai Juwana, (2) mengetahui persamaan yang sesuai yang telah dibangun oleh Budhiman dan Jing Li, dan (3) mengetahui pola sebaran sedimen tersuspensi.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian mencakup bagian muara sungai Juwana dan sekitarnya. Secara geografis, wilayah studi terletak sekitar

9265167 – 9265175 mU dan 524494 - 524492 mT.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

1. Global positioning system
2. Water sampler
3. Botol sampel air untuk wadah sampel air
4. Kapal atau perahu
5. Seperangkat komputer
6. Software pengolah citra (Envi 4.5)
7. SPSS 19 sebagai pengolah data statistik untuk uji T-test dan regresi
8. Microsoft excel dan word untuk pengolahan data statistik dan deskriptif
9. ArcGIS 10.1 untuk pengolahan peta
10. Kamera untuk dokumentasi lapangan
11. Ceklist lapangan

Bahan-bahan yang dibutuhkan diantaranya

1. Citra SPOT 4 K/J 293/363 Level 2A Perekaman Juni 2012
2. Peta Rupa bumi Indonesia Lembar Juwana skala 1:25.000
3. Citra Geo eye tahun 2015

Tahapan pertama dalam analisis ini adalah tahap *pre processing* citra, yaitu koreksi radiometrik, geometrik dan atmosferik. Koreksi radiometrik meliputi konversi nilai DN ke nilai radiance dan konversi nilai radiance ke nilai reflectance dengan persamaan sebagai berikut.

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_{\tau} \cdot d^2}{ESUN_{\tau} \cdot \cos \theta_s} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:  $\rho_p$  = Reflektansi ;  $L_{\tau}$  = Radiansi

$d^2$  = Jarak bumi dan matahari secara satu

$ESUN_{\tau}$  = Nilai Irradiansi

$\theta_s$  = Sudut zenith matahari dalam derajat

Informasi Irradiansi untuk band SPOT 4 yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut ini

Band	Satelit SPOT 4
Band 1	1858
Band 2	1573
Band 3	1043
Band 4	236

Berdasarkan persamaan tersebut, nilai  $d^2$ , sun zenit ( $\theta_z$ ) dan sun elevation ( $\theta_e$ ), ditentukan sebagai berikut

$$d^2 = 1 - 0.0168 \cdot \cos(((\text{julday}/365) \cdot 360)/180 \cdot \pi) \dots\dots\dots(2)$$

$$\theta_z = (90.0 - \theta_e)/180 \cdot \pi \dots\dots\dots(3)$$

Sementara koreksi geometrik dilakukan dengan image to map, yaitu koreksi geometrik dengan rektifikasi citra ke peta. Koreksi atmosferik digunakan adalah *dark-pixel subtraction*, dimana dengan menggunakan *region of interest* yang merujuk pada piksel di laut dalam sebagai nilai minimum.

Selain tahap koreksi peta, masking citra juga perlu dilakukan. Analisis sedimen tersuspensi hanya difokuskan pada wilayah perairan sungai dan laut saja atau pada daerah muara. Masking citra dilakukan dengan tujuan nilai reflectan pada air saja yang diperhitungkan dan nilai reflectan daratan dibuat nol.

Tahap pra lapangan selanjutnya adalah penentuan sampel lapangan. Pemilihan sampel sedimen tersuspensi di lapangan didasarkan pada hasil klasifikasi unsupervised, berupa klasifikasi ISODATA. Klasifikasi ini dilakukan untuk mendapatkan informasi kekeruhan air. Penentuan sampel berdasarkan metode *stratified random sampling*, dimana strata didapatkan dari hasil klasifikasi isodata. Penentuan sampel lapangan juga berdasarkan pada garis transek yang dibuat sepanjang sungai dan muara dengan jarak antar garis transek sekitar 400 meter.

Algoritma Jing Li dan Budhiman diterapkan untuk mengestimasi muatan sedimen tersuspensi. Persamaan yang dikembangkan oleh Budhiman adalah **TSM (mg/l) = 7.9038 \* Exp(23.942 \* band merah) .....(4)**

Algoritma Jing Li berdasarkan pada nilai reflectan citra. Dan menggunakan band 1 dan 2 (hijau dan merah) pada citra SPOT 4. Persamaan yang digunakan adalah

$$\text{Log}_{10} S \text{ (mg/l)} = 0.892 + 6.2244 * X \dots (5)$$

Dimana X = (band 1 + band 2) \* (band 2 / band 1)

Kedua persamaan ini kemudian dilakukan uji *t-test* untuk mendapatkan persamaan mana yang paling sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Adapun variabel yang diujikan adalah variabel hasil estimasi muatan sedimen tersuspensi yang dihasilkan dari persamaan Jing Li dan Budhiman dengan muatan sedimen tersuspensi hasil pengukuran langsung di lapangan.

Selanjutnya jika kedua persamaan tersebut kurang sesuai untuk diterapkan di muara sungai Juwana, maka pembuatan model persamaan baru perlu dilakukan. Pembuatan model ini melalui metode statistik sederhana, yaitu regresi linier antara nilai spektral band tunggal (band 1, 2, 3 dan 4) dan perbandingan band 1 (hijau) dan band 2 (merah) pada citra SPOT 4 dengan nilai TSS hasil lapangan (*in situ*).

$$Y = a + bX \dots (6)$$

Y merupakan nilai variabel bebas yaitu konsentrasi muatan padatan tersuspensi dalam mg/l dan X merupakan variabel terikat, yaitu nilai kecerahan atau piksel saat pengolahan citra sampai baik band tunggal maupun rasio band.

Model baru yang telah dihasilkan harus diuji akurasi dengan metode standar error. Uji akurasi menggunakan perbandingan antara nilai sedimen hasil estimasi model dan nilai sedimen sampel lapangan. Sampel yang digunakan untuk uji akurasi ini sejumlah setengah dari sisa sampel yang digunakan untuk membuat model.

$$SE = \sqrt{\frac{(y' - y)^2}{n - 2}} \dots (7)$$

Keterangan :

SE = Standard Error

y = konsentrasi sedimen hasil lapangan

y' = konsentrasi sedimen hasil estimasi model

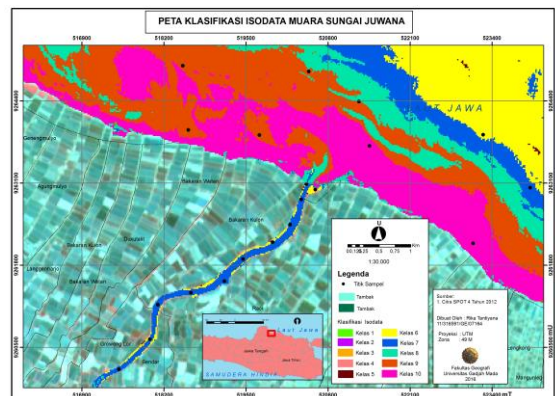
n = jumlah data

Proses akhir dalam penelitian ini adalah pembuatan peta sebaran sedimentasi tersuspensi akhir dari hasil persamaan dengan nilai standard error yang rendah dan nilai determinasi dari uji model yang mendekati 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengambilan Sampel Lapangan

Klasifikasi isodata pada wilayah muara sungai Juwana dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

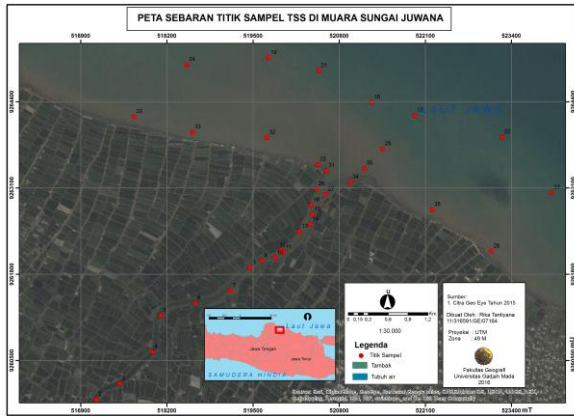


Gambar 1. Peta klasifikasi Isodata

Kelas yang terdapat di wilayah kajian hanya 5 kelas, yaitu kelas 6, 7, 8, 9 dan 10. Sepanjang sungai sampai ke mulut sungai hanya terbentuk dua kelas yaitu kelas 6 dan kelas 7.

Penentuan sampel lapangan dengan hasil Isodata melalui citra SPOT 4 ada sedikit kendala, yaitu beberapa titik yang sudah diplotkan tidak sesuai dengan keadaan di lapangan, terutama pada bagian sekitar pantai, dimana titik yang telah diplotkan ternyata terdapat di daratan tambak. Hal ini disebabkan karena kondisi citra yang tidak aktual dengan lapangan, dimana citra yang digunakan merupakan citra tahun perekaman 2012.

Pengambilan sampel ini juga dengan pertimbangan citra dengan resolusi tinggi dan tanggal perekaman tidak jauh dengan pengambilan sampel sehingga perbedaan air keruh dan jernih dapat terlihat dengan jelas. Peta persebaran titik sampel dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



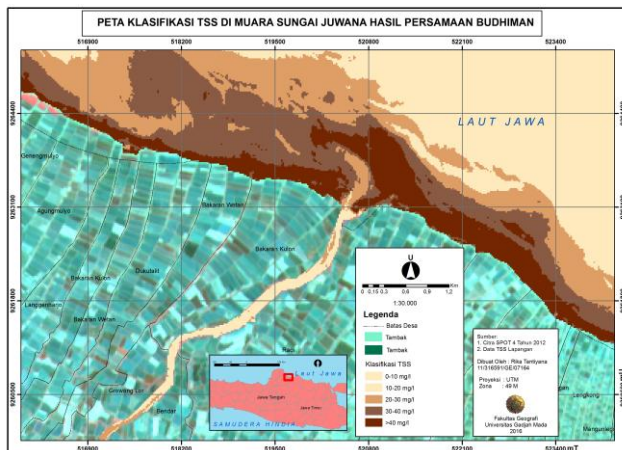
**Gambar 2.** Peta persebaran titik sampel

Sampel yang diambil sebanyak 35 buah yang tersebar di sepanjang muara sungai Juwana.

Sementara untuk kerja lapangan, pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman 1/3 sampai 2/3 dari dalamnya sungai. Kedalaman sungai Juwana pada daerah muara mempunyai kedalaman yang bervariasi. Kedalaman ini ditentukan karena adanya pengaruh sedimen tersuspensi pada perairan. Jika pengambilan air terlalu dalam, maka sedimen yang terambil berupa endapan

## B. Penerapan Algoritma

### 1. Algoritma Budhiman



**Gambar 3.** Peta Klasifikasi TSS hasil persamaan Budhiman

Penyajian data hasil muatan sedimen tersuspensi melalui density slice dibuat lima kelas. Kelas terendah dengan berwarna biru muda memiliki kisaran nilai 15-20 mg/l. Sedangkan pada bagian mulut sungai memiliki nilai sebesar 20-30 mg/l. Ada bagian muara yang mempunyai nilai yang tinggi yaitu di bagian sepanjang pantai.

### 2. Algoritma Jing Li



**Gambar 4.** Peta Klasifikasi TSS hasil persamaan Jing Li

Kisaran nilai TSS yang terbentuk melebihi 1000 mg/l. Namun, kisaran nilai di sekitar muara sungai Juwana hanya sekitar 1-500 mg/l. Jing Li menggunakan 2 band untuk bisa membuat persamaan dan mengestimasi, yaitu menggunakan band hijau dan band merah.

No sampel	Koordinat		TSS lapangan	TSS Budhiman	TSS Jing Li
	X	Y			
1	517105	9259522	209	21,69	365,64
2	517136	9259922	226,9	26,08	140,88
3	517483	9260160	340,2	19,78	207,61
4	517985	9260643	236,8	18,6	226,77
5	518099	9261177	250,2	17,49	147,17
6	518621	9261372	273,9	18,04	139,03
7	519125	9261583	318,9	18,32	288,2
8	519449	9261902	376,2	18,04	255,18
9	519625	9262007	328,4	17,76	126,15
10	519829	9262043	267,3	18,6	326,18
11	519965	9262123	295,7	18,32	453,25
12	519958	9262173	216,1	19,78	122,19
13	520206	9262452	200,9	20,09	103,1
14	520361	9262555	198	17,22	132,7
15	520365	9262703	249,1	17,76	344,68
16	520380	9262857	324,4	18,32	453,15
17	521966	9264260	349,4	27,74	512,5
18	521295	9264386	347,8	48,23	222,16
19	519723	9265075	259,9	39,5	204,09
20	517709	9264191	255	29,05	273,68
21	520496	9264876	330,5	56,24	573,25
22	523218	9263753	308,1	11,73	227,75
23	523996	9263025	257,2	11,03	75,25
24	518503	9264964	448,4	48,23	807,24
25	520481	9263460	654,9	55,38	1432



26	520454	9263123	667,4	13,68	510,37
27	520585	9263083	678,3	20,09	1008
28	521458	9263686	707,6	34,93	4919
29	523088	9262162	870,1	36,02	799,21
30	521193	9263407	1130	25,69	4111
31	520595	9263374	705,7	23,79	858,11
32	519710	9263859	866,2	28,6	5825
33	518590	9263957	711,5	34,39	971,28
34	520971	9263188	979,8	25,69	1156
35	522218	9262777	1141	33,87	7974

**Tabel 1.** Hasil Estimasi TSS persamaan Budhiman dan Jing Li

### C. Uji T-test

		t-test for Equality of Means			
		T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
TSS	Equal variances assumed	9,125	68	,000	430,63514
	Equal variances not assumed	9,125	34,122	,000	430,63514

		t-test for Equality of Means		
		Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
			Lower	Upper
TSS	Equal variances assumed	47,19201	336,46495	524,80533
	Equal variances not assumed	47,19201	334,74202	526,52826

**Tabel 2.** Hasil Uji t-test antara TSS Lapangan dengan TSS Budhiman

Nilai t hitung untuk TSS adalah sebesar 9,125 dan nilai signifikasni atau probabilitas sebesar 0,000 atau lebih kecil dari 0,05. Nilai ini berarti H<sub>0</sub> ditolak, yaitu kedua rata-rata TSS hasil lapangan dengan estimasi TSS dari persamaan Budhiman mempunyai varians data yang berbeda secara nyata.

		t-test for Equality of Means			
		T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
TSS2	Equal variances assumed	-1,881	68	,064	-580,29257
	Equal variances not assumed	-1,881	35,626	,068	-580,29257

		t-test for Equality of Means		
		Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
			Lower	Upper
TSS2	Equal variances assumed	308,43870	- 1195,77242	35,18728
	Equal variances not assumed	308,43870	- 1206,06328	45,47814

**Tabel 3.** Hasil Uji t-test antara TSS Lapangan dengan TSS Jing Li

Nilai probabilitas atau signifikansi yaitu bernilai 0,068 atau bernilai lebih besar dari 0,05 yang berarti bahwa H<sub>0</sub> diterima, yaitu tidak ada perbedaan antara nilai TSS lapangan dengan TSS hasil estimasi persamaan Jing Li.

Persamaan Budhiman dan Jing Li kurang tepat jika diterapkan di perairan muara sungai Juwana. Persamaan Jing Li dikembangkan untuk perairan di sekitar Laut China Selatan dan tepatnya di muara sungai Changjiang. Selain itu, kondisi musim di daerah tersebut juga berbeda, Jing Li melakukan penelitian pada musim penghujan. Sungai Changjiang merupakan sungai yang melewati dataran tinggi Tibet yang memiliki material yang berbeda dengan material yang ada di hulu sungai Juwana. Sementara untuk persamaan Budhiman, lokasi mempunyai material pembawa sedimen dan karakteristik perairan yang berbeda. Delta Mahakam mempunyai banyak sungai yang mengalir ke laut, sehingga sedimen lebih dipengaruhi oleh banyaknya sungai yang akan membawa material sedimen. Faktor yang paling berpengaruh pada sedimen di Delta Mahakam adalah arus sungai itu sendiri.

### D. Pembuatan Model TSS

Transformasi untuk identifikasi sedimen tersuspensi pada citra multispektral kebanyakan menggunakan band merah 0,63-0,69 um. Kedua band tersebut memiliki kepekaan terhadap sedimen suspensi. Dari regresi ini akan menghasilkan persamaan dimana x atau variabel bebas adalah nilai spektral citra, sedangkan y atau variabel terikat adalah nilai TSS in situ. Sebanyak 20 sampel dari total keseluruhan sampel sebanyak 35 digunakan untuk pembuatan model ini.

Persamaan / Band	Model Regresi	Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>
Band 1 ( hijau)	y = 9918,9x + 252,11	(9918,9*band1) + 252,11	0,2836
Band 2 (merah)	y = 9649,7x - 4,4545	(9649,7*band 2) + 4,4545	0,6124
Band 3 (Inframerah dekat)	y = 6700,1x - 347,21	(6700,1*band 3) - 347,21	0,6256
Band 4 (inframerah tengah)	y = -2809,3x + 492,88	(-2809,3*band 4) + 492,88	0,0551
Band 1/band 2	y = -1148,6x + 673,21	(-1148,6* band1/band2)+ 673,21	0,2375

**Tabel 4.** Hasil Pembuatan model

Setelah dilakukan analisis regresi linier dari nilai spektral band 1, 2, 3, dan 4 serta rasio antara band 1 dan band 2, didapatkan nilai nilai R<sup>2</sup> yang paling tinggi ada pada band 2 dan 3. Pada citra SPOT 4 band hijau dengan panjang gelombang 0,5-0,59 µm dan band merah dengan panjang gelombang 0,61-0,68 µm merupakan saluran yang peka terhadap air yang tersuspensi oleh sedimen. Nilai pantulan air jernih akan sedikit menurun pada panjang gelombang 0,6-0,7 µm, sedangkan pada panjang gelombang tersebut nilai pantulan air yang tersuspensi oleh sedimen relatif tinggi. Namun, untuk perairan muara sungai Juwana, nilai pantulan tinggi justru ada di band merah dan inframerah dekat. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya kandungan sedimen tersuspensi di muara sungai Juwana yang nilainya sekitar 300-1000 mg/l.

## E. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk keempat persamaan baik band 1, 2, 3, 4 dan rasio band 1 dengan band 2. Jumlah sampel yang digunakan untuk uji akurasi sebanyak 15 sampel atau sisa sampel yang tidak digunakan untuk pembuatan model. 15 sampel tersebut dicatat hasil estimasi TSS berdasarkan model yang telah dibangun dan sesuai dengan koordinat lapangan.

### 1. Band hijau

$$SE = \sqrt{\frac{(y'-y)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1143488,312}{13}} = 298,58$$

### 2. Band merah

$$SE = \sqrt{\frac{(y'-y)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{451140,6}{13}} = 186,28$$

### 3. Band inframerah dekat

$$SE = \sqrt{\frac{(y'-y)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{440175,1}{13}} = 184$$

### 4. Band inframerah tengah

$$SE = \sqrt{\frac{(y'-y)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1278122,87}{13}} = 313,6$$

### 5. Rasio band 1 dan band 2

$$SE = \sqrt{\frac{(y'-y)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{641038,1}{13}} = 222,05$$

Hasil akurasi terbaik untuk penerapan model TSS di muara sungai Juwana adalah band 2 (band merah) dan band 3 (band inframerah dekat) pada SPOT 4. Nilai standard error band 2 sebesar 186,28 sementara untuk band 3 sebesar 184. Nilai ini menandakan terdapat kesalahan estimasi sebesar 186,24 mg/l dari setiap piksel pada citra SPOT 4. Nilai standar error paling besar adalah pada band 4 sebesar 313,6 mg/liter setiap piksel. Dari keseluruhan hasil menunjukkan nilai standar error ini dikategorikan tinggi, dan masih jauh dengan hasil TSS lapangan.

Tingginya nilai standard error ini selain dipengaruhi oleh faktor dari luar yang menyumbang peranan cukup besar terhadap kandungan sedimen tersuspensi juga dipengaruhi oleh teknis pengambilan sampel dilapangan. Citra yang digunakan untuk pembangunan model ini merupakan citra yang tidak aktual atau sama waktunya dengan tanggal pengambilan sampel lapangan. Citra yang digunakan mempunyai tanggal perekaman 14 Juni 2012, sementara pengambilan sampel dilakukan pada bulan Agustus 2015. Perbedaan ini jelas sangat mempengaruhi hasil model yang didapatkan, karena pengaruh pantulan spektral band-band pada citra juga akan berbeda. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai spektral band ini adalah perbedaan cuaca, walaupun

sama pada musim kemarau, namun intensitas awan dan penyinaran matahari juga berbeda.

#### F. Analisis Pola Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Muara Sungai Juwana

Pembuatan peta akhir sebaran sedimen tersuspensi di muara sungai Juwana menggunakan model dari band merah dengan nilai uji akurasi dan uji model yang cukup baik. Dan band merah serinoh digunakan dalam penelitian di perairan.



Gambar 4. Peta Sebaran TSS

Berdasarkan peta yang telah dibuat dapat dilihat bahwa sebaran TSS yang tinggi tersebar di bagian pantai dan mulut sungai. Disekitar daerah ini merupakan tempat mengendapnya lumpur dan material yang dibawa oleh arus sungai. Tempat bertemunya sungai dengan laut, material sedimen yang berat akan diendapkan di tempat yang dekat, sedangkan yang ringan akan diendapkan ditempat yang jauh. Tempat bertemunya arus sungai dengan arus pasang surut yang berlawanan menyebabkan suatu pengaruh yang kuat terhadap sedimentasi, yaitu sedimentasi dapat mengendap dan materi terakumulasi.

Bagian sekitar pantai ini merupakan wilayah yang sering diterjang oleh gelombang laut. Ketika gelombang laut menerjang daerah sekitar habitat mangrove yang mempunyai endapan lumpur yang tebal, maka lumpur ini akan ikut terbawa oleh arus laut, dan membuat air terlihat keruh pada bagian ini. Selain itu, sepanjang daerah

mulut sungai tumbuh mangrove dan tempat mengendapnya lumpur sisi-sisi teras sungai termasuk di mulut sungai.

Bagian muara sungai yang mempunyai muatan sedimen tersuspensi yang tinggi selanjutnya adalah bagian bawah sungai pada wilayah kajian, bagian ini merupakan pusat kegiatan pelabuhan pada sungai Juwana. Besarnya sedimen tersuspensi di perairan muara sungai Juwana juga dipengaruhi oleh aktivitas nelayan terutama kapal-kapal yang bersandar di pelabuhan Juwana. Kapal-kapal yang bersandar terdiri dari berbagai macam jenis kapal baik kapal besar maupun kapal nelayan yang kecil. Aktivitas ini sangat berpengaruh terutama saat jangkar kapal diangkat ke permukaan maka akan ikut membawa lumpur yang ada di dasar sungai. Selain aktivitas nelayan dan pelabuhan, muara sungai Juwana juga terdapat tempat pelelangan ikan (TPI) yang tersebar di dua tempat. Aktivitas ini juga mempunyai pengaruh terhadap muatan sedimen tersuspensi karena limbah sisa ikan dan lumpur akan kembali dibuang ke sungai.

Sungai Juwana mempunyai meander sungai yang tidak bervariasi, sehingga pada bagian-bagian meander sungai muatan sedimen tersuspensinya tidak terlalu tinggi karena material akan langsung dialirkan oleh arus sungai menuju laut dan mengendap di mulut sungai. Selain itu, ketika musim kemarau arus tidak terlalu deras sehingga air hanya sedikit yang menggerus badan sungai.

Penggunaan lahan yang berada di sekitar muara sungai dapat mempengaruhi besarnya muatan sedimen tersuspensi. Penggunaan lahan dominan yang berada di muara sungai adalah tambak dan mangrove yang tumbuh di pinggir dan sepanjang sungai menuju ke mulut sungai dan daerah pantai.

Beberapa faktor tersebut merupakan faktor yang mempengaruhi muatan sedimen tersuspensi di daerah hilir sungai. Sementara, daerah hulu sungai juga mempunyai peranan dalam sumbangan muatan padatan



tersuspensi. Sungai Juwana mempunyai hulu di waduk Wilalung yang berada di Kecamatan Undakan, Kudus. Di daerah ini, sungai Juwana bertemu dengan Sungai Serang atau sungai Lusi. Sepanjang sungai Juwana dari hulu ke hilir didominasi oleh penggunaan lahan berupa sawah irigasi. Sungai Juwana mempunyai beberapa anak sungai yang mengarah ke pegunungan kapur utara (ke arah selatan) dan anak sungai yang mengarah ke gunung muria (ke arah barat). Wilayah-wilayah tersebut merupakan bagian dari hulu sungai Juwana.

## KESIMPULAN

1. Citra SPOT 4 mempunyai band hijau, merah, inframerah dekat dan inframerah tengah. Keempat band ini mempunyai kepekaan yang berbeda terhadap air yang mengandung sedimen tersuspensi di muara sungai Juwana. Band hijau dan band inframerah tengah mempunyai pantulan spektral yang rendah, sementara band merah dan inframerah dekat mempunyai pantulan spektral yang tinggi. Uji model TSS yang paling baik ada pada band merah dan band inframerah dekat dengan nilai determinasi 0,6. Uji akurasi terbaik juga pada band merah dan inframerah dekat dengan nilai akurasi 184 mg/l tiap pikselnya.
2. Persamaan Budhiman dan Jing Li kurang sesuai jika diterapkan di perairan muara sungai Juwana. Setelah dilakukan uji T-test, kedua persamaan mempunyai varians yang berbeda terhadap hasil lapangan. Kedua persamaan tersebut dikembangkan di perairan yang mempunyai karakteristik yang berbeda dengan karakteristik muara sungai Juwana.
3. Pola muatan sedimen tersuspensi di muara sungai Juwana dengan nilai TSS tertinggi mengelompok di sekitar mulut sungai dan sepanjang pantai akibat adanya pengaruh endapan lumpur disekitar ekosistem mangrove. Selain itu, sifat estuari yang merupakan pertemuan antara arus sungai dan arus

laut membuat sedimen mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kondisi perairan. Sementara disepanjang tubuh sungai nilai sedimen cukup konstan, dan nilai sedimen yang tinggi hanya didekat tanggul sungai

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwulan, Widiatmaka. 2002. *Penggunaan Citra SPOT•HRV Melalui Pendekatan Statistik Untuk Pemetaan Bahan Tersuspensi Di Teluk Banten*. Prosiding Forum Komunikasi Geospasial Nasional, BAKOSURTANAL : Jakarta.
- Budhiman, Syarif. 2004, *Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta-Indonesia..* Tesis. Netherlands : International Institute for Geo-Information Science and Earth
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : Andi Offset Observation.
- Dekker, A.G., Vos, R.J, dan Peters, W.M. 2002. *Analytical Algorithms for Lake Water TSM Estimation for Retrospective Analyses of TM and SPOT Sensor Data*. International Journal of Remote Sensing Vol. 23. No. 1 page 15-35. diedit oleh : Taylor & Francis Ltd.
- Hossain, A.K.M Azad, Xiaobo Chao, dan Yafei Jia. 2007. *Development of Remote Sensing Based Index for Estimating/ Mapping Suspended Sediment Concentration in River and Lake Environments*, dalam : International Symposium on Ecohydraulics 2010, Seoul Korea.
- Li, Jing. 2008. *Temporal and spatial change of suspended sediments concentration in Changjiang estuary, China using Landsat TM imageries*. MOE Key laboratory of Coastal and Island Development, Nanjing University, Nanjing, P. R. China.
- Pahlevi dan Wiweka. 2010. *Analisa Sedimentasi di Muara Sungai Porong Akibat Pembuangan Lumpur Lapindo Menggunakan Data Citra Satelit Aster*.

Jurnal Ilmiah Geomatika Vol. 16 No. 2,  
Desember 2010.

Pasterkamp, Reinold dan Woerd, Van der  
Hans. 2002. *A Rigorous Method To  
Retrives TSM Concentration From  
Multi-Temporal SPOT Image in Highy  
Turbid Coastal Waters*. Institute for  
Environmental Studies (IVM), Vrije  
Universiteit De Boelelaan 1087, 1081  
HV Amsterdam, The Netherland.